

## Desenvolvimento de sistema de navegação terrestre para entregas de mercadorias

Camila Souza dos Anjos<sup>1</sup>  
Edgar Nogueira Demarqui<sup>2</sup>  
Vantier Veronezi Bagli<sup>1</sup>  
Beatriz Lima de Paula<sup>2</sup>  
Welton Jorge Xavier Luz<sup>2</sup>  
Julio Kiyoshi Hasegawa<sup>2</sup>  
Mauricio Galo<sup>2</sup>  
Nilton Nobuhiro Imai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
csa@ltd.inpe.br  
vantier@dpi.inpe.br

<sup>2</sup>Faculdade de Ciências e Tecnologia –FCT  
Universidade Estadual Paulista – UNESP  
Caixa Postal 957 - CEP 19060-900 - Presidente Prudente – SP, Brasil  
demarqui@pos.prudente.unesp.br  
beatriz@estudante.prudente.unesp.br  
welton@estudante.prudente.unesp.br  
{hasegawa, galo, nnimai}@prudente.unesp.br

**Abstract.** A Terrestrial Navigation System (TNS) is characterized by a digital cartographic map visualized on a computer screen on board of a vehicle, informing its position in real time, based on data provided by a GPS (Global Position System). This system can be used for several applications: monitoring of transport vehicles to protect from assault, fleet control, displacement of military vehicles besides of other purposes by improving public services efficiency such as taxi, police and merchandise delivery. A prototype of a TNS was implemented in a Visual Basic environment for a company hosted in Presidente Prudente, São Paulo State, Brazil. The TNS should optimize the product delivery to commercial places as well as to residences within the urban area and also reduce cost of the product delivery process by providing best route alternatives for the vehicles and client location on maps which should reduce product time delivery and vehicle fuel cost.

**Palavras-chave:** GPS, navigation system, commodities delivery, GPS, sistema de navegação, entrega de mercadorias.

### 1. Contexto do Problema

O Sistema de Posicionamento Global (GPS) permite uma grande variedade de aplicações civis e militares. Dentre as várias aplicações, uma de especial interesse é a navegação, que tem crescido muito nos últimos anos devido a fatores como menor custo, e fácil manipulação.

Os primeiros protótipos de sistemas de navegação foram desenvolvidos em meados da década de 80 (Ferreira, 1998). Num sistema de navegação terrestre, assim como na navegação marítima, fluvial e aérea, um mapa digitalizado da região de interesse é mostrado na tela do computador de bordo e a posição do veículo é apresentada em "tempo real" a partir da posição fornecida por receptores GPS. Deste modo, a tomada de decisões sobre o caminho a ser percorrido pelo veículo é simplificada, possibilitando a visualização automática de sua posição na tela e a obtenção rápida de informações acerca da área de interesse.

Sistemas de navegação terrestre podem ser aplicados em monitoramento de veículos de transporte para proteção contra roubos, controle no deslocamento de veículos militares e, também, podem melhorar a eficiência de serviços básicos como táxi, policiamento, resgate e entregas de mercadorias. Segundo Hasegawa *et al* (1999), na Europa, Estados Unidos e Japão, carros de passeio já dispõem de sistema para auxiliar o motorista durante o deslocamento do veículo.

Segundo Davis *et al* (2001), existem grandes perspectivas para o uso de geotecnologias em ambientes móveis. Com a popularização e barateamento dos GPS, dos *palmtops* e dos celulares mais sofisticados, é perfeitamente concebível oferecer serviços baseados na localização geográfica do usuário, transmitindo os dados pelos novos canais de comunicação de dados sem fio.

Ainda segundo o autor acima, não seria interessante forçar o usuário de um sistema de navegação desta natureza digitar uma pergunta, ou mesmo preencher os campos de um formulário eletrônico, durante o deslocamento, e, portanto, avanços nas interfaces com os usuários são importantes e necessários.

Para avaliar a utilização de um SNT em cidades de médio porte, aplicado a serviços de entregas, foi implementado um protótipo específico para a área urbana de Presidente Prudente, extremo oeste do estado de São Paulo, onde o motorista terá a disposição um sistema capaz de realizar consultas espaciais em tempo real, proporcionando uma melhor logística na tomada de decisões, reduzindo o tempo e o custo das entregas.

## 2. Sistema de Navegação Terrestre – SNT

Um SNT tem a finalidade de fornecer em tempo real, a posição do veículo associado a um mapa digital dinâmico. O posicionamento é realizado através de um receptor GPS instalado no veículo e acoplado ao computador de bordo.

O potencial deste tipo de sistema foi ampliado com a eliminação da SA<sup>1</sup> (*Selective Availability*) em maio de 2000, quando o posicionamento absoluto realizado por receptores de navegação (menos precisos do que os receptores geodésicos) foi aprimorado, podendo conseguir precisões da ordem de 10m, aumentando assim a qualidade de aplicações como a navegação terrestre e fluvial, que possuem uma margem de erro aceitável menor do que a navegação marítima.

Nos SNT, todos os equipamentos necessários estão dentro do veículo, com exceção da antena do receptor GPS que se localiza na parte externa para receber os sinais provenientes dos satélites. O funcionamento conjunto de todos estes equipamentos permite ao usuário visualizar, em tempo real, sua localização e interagir com a base cartográfica juntamente com o banco de dados.

Um elemento de fundamental importância para o sistema é a base cartográfica, pois é através dela e do posicionamento GPS que se constitui o SNT. Duas bases cartográficas foram utilizadas neste trabalho:

- Base Quadras: Trata-se da informação visível ao usuário, é sobre ela que é visualizada localização momentânea do veículo.
- Base Vias: Nesta base estão inseridos atributos como: nomes de ruas, numeração inicial e final dos imóveis localizados em cada via, e cep para cada lado do arruamento, tornando possível realizar, sobre ela, os cálculos de roteamento.

Um SNT permite a visualização de diversos temas sobrepostos, bem como dados vetoriais, imagens de sensores orbitais, fotografias aéreas, tabelas, textos, além do uso de som. No entanto, o desenvolvimento de um sistema de navegação para uso em computadores

---

<sup>1</sup> Técnica utilizada para limitar a acuracidade proporcionada pelo GPS

compactos torna-se complexo devido a fatores envolvidos nas diversas etapas, desde a análise, modelagem, projeto e implementação. Dessa forma, podem ser destacados alguns aspectos que devem ser considerados:

- A recepção e interpretação do sinal GPS pelo computador de bordo em tempo real;
- As dimensões do monitor, a resolução do vídeo e o fluxo de informações disponibilizadas;
- Conversão entre sistemas de projeção e *data*, quando necessário;
- Correção dos erros causados pelo posicionamento GPS;
- Geração e manutenção da base de dados;
- Movimentação do mapa na tela do computador.

### 3. Entrega de Mercadorias e Otimização de Rotas

Nos casos em que o entregador não conhece a localização do destino, a realização de entregas exige a utilização de mapas, sendo que muitas vezes a manipulação, no interior do veículo, de mapas em meio analógico (papel) se caracteriza como uma tarefa difícil, demorada e incômoda. Além disso, para a otimização das entregas e redução de tempo e custo para as empresas é necessário que o veículo percorra o menor caminho possível.

No problema de entrega, considera-se os clientes espacialmente distribuídos, e que as mercadorias serão entregues a partir de um depósito ou ponto de partida por um veículo da empresa. Cada veículo realiza um percurso entregando as mercadorias para um subconjunto de clientes, satisfazendo as necessidades de demanda e retornando ou não ao depósito.

Neste contexto, um SNT pode otimizar o processo de entrega de uma empresa aos seus pontos de venda, como também, a entrega de produtos a domicílio (venda direta ao consumidor final), reduzindo os custos de distribuição da empresa, combinando localização, roteamento e menor caminho, disponibilizando a posição dos clientes no mapa e traçando rotas para os veículos.

Para solucionar o problema de caminho mínimo, pode-se apenas manter salvo uma solução que possua menor distância que a da rota anterior (busca exaustiva), o que causaria um esforço computacional muito grande, pois conforme cresce o número de pontos por onde o veículo deve passar, ocorre um aumento brusco do número de alternativas. Por exemplo, ao se traçar o caminho mínimo que passe por  $n$  pontos, precisa-se de  $n-1$  adições para determinar o comprimento de uma rota, e tem-se  $n-1!$  (fatorial) rotas possíveis.

Desta forma, problemas semelhantes ao encontrado pelo protótipo desenvolvido podem ser resolvidos por algoritmos de caixeiro viajante ou carteiro chinês, que são amplamente descritos na literatura.

### 4. Desenvolvimento do Protótipo e Aplicação

O protótipo do SNT foi implementado com o *software Visual Basic 6.0* da *Microsoft* juntamente com as bibliotecas de classes de objetos *MapObjects 2.1* e *NetEngine* da *Esri*. Esta configuração foi escolhida pela quantidade de recursos existentes nas bibliotecas, bem como a facilidade de implementação no ambiente.

A plataforma utilizada pelo SNT é o *palmtop*, pois como o equipamento ficará dentro de um veículo automotivo, é desejável que ele seja compacto, de fácil uso e que consuma pouca energia.

O protótipo desenvolvido apresenta diversas ferramentas, sendo que algumas destas permitem a realização de consultas diretamente sobre o mapa. A **Figura 1** identifica as ferramentas disponíveis na barra de ferramentas do protótipo.

Em seguida são descritas as ferramentas mostradas na **Figura 1**:

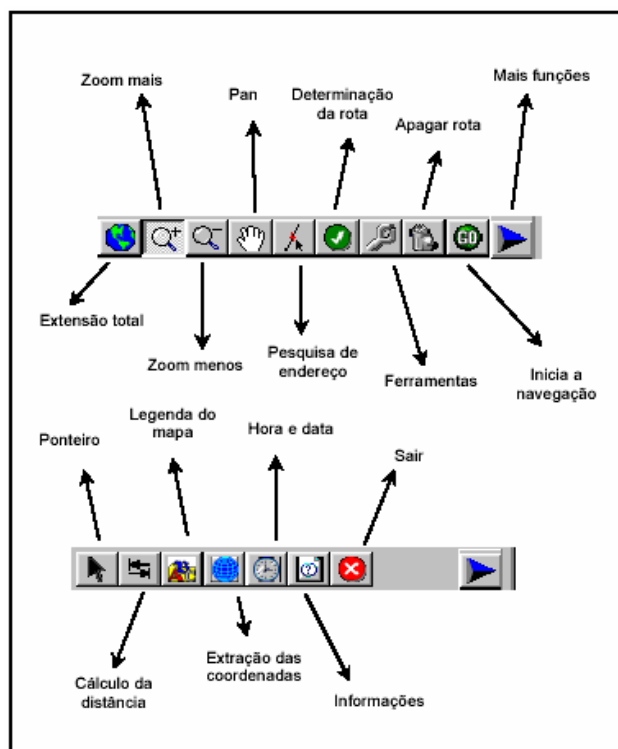


Figura 1 – Barra de ferramentas.

**Extensão total** → Ferramenta que mostra toda a extensão do mapa.

**Zoom mais** → Aumenta o nível de visualização do mapa;

**Zoom menos** → Diminui o nível de visualização do mapa. Quando a navegação estiver ativada as operações de zoom não podem ser utilizadas, caso a navegação esteja desativada, as reduções e ampliações são livres e ficam a critério do usuário;

**Pan** → Utilizado para movimentação do mapa ;

**Pesquisa de endereço** → Operação utilizada para localização de endereços. A pesquisa por endereço pode ser realizada em toda a área urbana de Presidente Prudente. A busca de endereço é realizada sobre o teclado desenvolvido no sistema (**Figura 2a**). Inicialmente o aplicativo solicita a localização atual do usuário e em seguida os endereços de destino. São inseridos símbolos no mapa, de natureza geométrica, numerados na ordem da pesquisa realizada (**Figura 2b**).



Figura 2 – (a) Tela de pesquisa de endereços. (b) Resultado da busca de endereço.

**Determinação da rota** → A determinação da rota (através do caminho mínimo), foi implementada através de bibliotecas que utilizam técnicas de solução do problema do carteiro chinês. O roteamento sobre os endereços pesquisados, pode ser efetuado de quatro formas, onde três delas são mostradas na **Figura 3**:

- Rota determinada em qualquer ordem sem retornar ao ponto de partida;
- Rota determinada na ordem especificada sem retornar ao ponto de partida;
- Rota determinada em qualquer ordem retornando ao ponto de partida;
- Rota determinada na ordem especificada retornando ao ponto de partida.

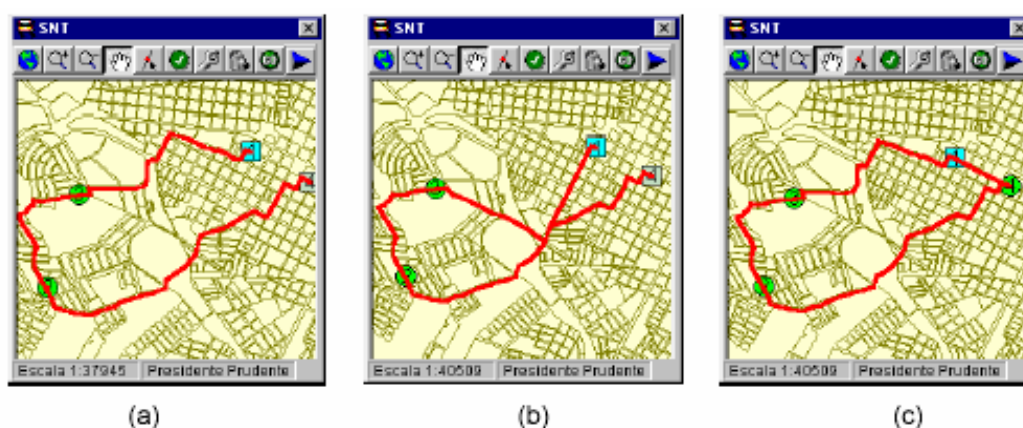


Figura 3 - (a) Rota determinada em qualquer ordem sem retornar ao ponto de partida. (b) Rota determinada na ordem especificada sem retornar ao ponto de partida. (c) Rota determinada em qualquer ordem retornando ao ponto de partida.

Este recurso se mostra de grande valia, pois permite ao usuário uma consulta rápida e precisa sobre o trajeto de menor distância entre o ponto de partida e o(s) pontos(s) de chegada, de maneira visual.

**Ferramentas** → Esta função abre uma janela que contém paletas com as seguintes opções (**Figura 4**):

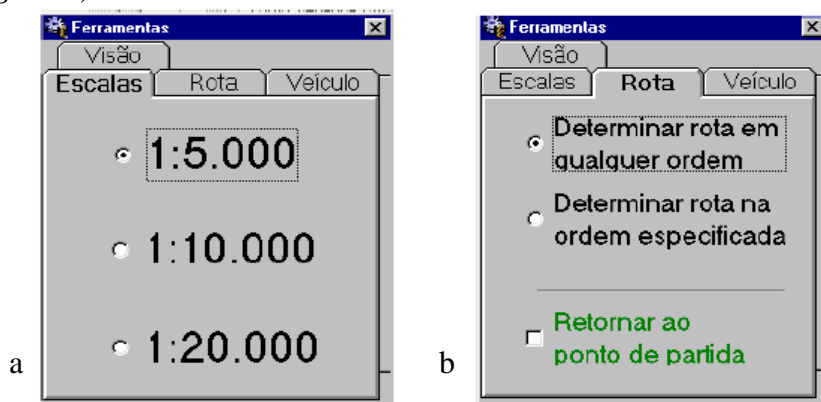


Figura 4 – (a) Opções de escala. (b) Opções para determinação da rota.

- Escalas: Através de testes realizados com o protótipo e as bases cartográficas, foram definidas três escalas de visualização para quando a navegação estiver ativada, são elas 1:5.000, 1:10.000 e 1:20.000. O usuário pode optar pela escala de seu interesse. Na **Figura 5** são mostradas as três escalas consideradas para o SNT desenvolvido.

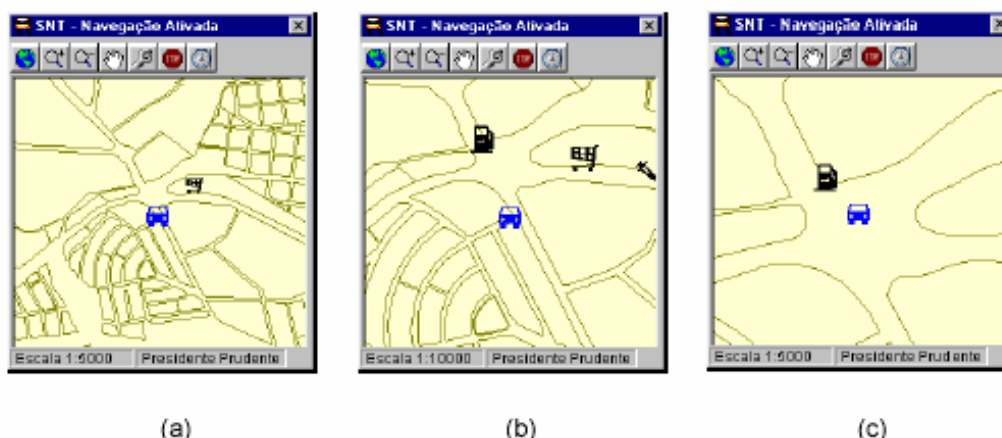


Figura 5 – Visualização das três escalas definidas pelo sistema (a)1:20.000, (b) 1:10.000 e (c) 1:5.000.

- Rota: Nesta opção, o usuário pode escolher o tipo de busca pelo caminho mínimo desejado.
- Visão: Muda as características do mapa de acordo com o período de navegação: diurno ou noturno (**Figura 6**).

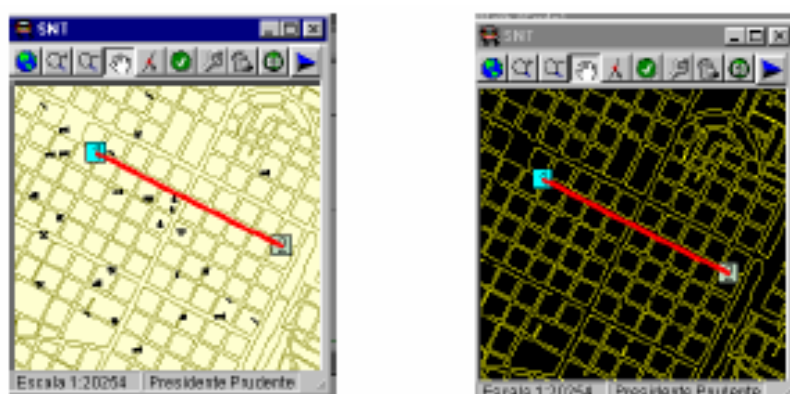


Figura 6 – Visualização diurna e noturna.

- Veículo: Função que permite ao usuário, definir o símbolo do veículo. Possui várias opções de tipos de veículos como carros, caminhonetes, caminhões, etc, permitindo ao usuário utilizar um símbolo compatível com seu veículo.

**Apaga rota** → Esta função apaga todas as rotas já calculadas e visualizadas em tela.

**Inicia Navegação** → Função que inicia a coleta das coordenadas obtidas pelo GPS, inserindo-as no mapa a posição do veículo em tempo real, de forma que o veículo sempre se localize no centro do mapa.

**Mais funções** → Este botão, mostra as outras funções da barra de ferramentas.

**Ponteiro** → Desabilita todas as outras funções.

**Cálculo da distância** → Calcula a distância entre dois elementos localizados no mapa;

**Legenda** → A legenda foi separada em seis categorias (serviços automotivos, alimentação, saúde, serviços públicos, áreas de lazer e diversos), onde os símbolos pertencentes as categorias podem ser habilitados ou desabilitados conforme o interesse do motorista. A **Figura 7** mostra uma das categorias utilizadas.



Figura 7 – Exemplo de uma das legendas utilizadas no protótipo SNT.

**Extração das coordenadas** → Função que fornece as coordenadas (UTM) de qualquer ponto clicado sobre o mapa.

**Hora e data** → Função que fornece hora e data.

**Informações** → Disponibiliza informações sobre o sistema, tais como: título do projeto, desenvolvedores e orientadores.

**Interrompe** → Esta função só é habilitada quando se inicia a navegação, sendo utilizada para interromper a mesma.

**Sair** → Sair do programa.

O protótipo foi testado numa situação real, onde foram percorridas algumas ruas do perímetro urbano de Presidente Prudente. Durante os testes, as funções implementadas no SNT, tais como mudanças de escala, localização de endereços e determinação de rotas, apresentaram bons resultados, funcionando como esperado.

## 5. Conclusões e Recomendações

Neste trabalho foi feita a apresentação de um protótipo de Sistema de Navegação Terrestre, desenvolvido como trabalho de conclusão do curso de graduação em Engenharia Cartográfica da UNESP de Presidente Prudente com o objetivo de realizar a otimização dos serviços de entrega na área urbana de Presidente Prudente – SP.

O protótipo apresentou bons resultados, na navegação realizada com o receptor de navegação *Garmin 12XL*, podendo assim ser aplicado em situações reais.

Recomenda-se para o desenvolvimento e implementação de novos sistemas desta natureza, a inclusão de algoritmos que realize o roteamento considerando o sentido das vias, qualidade do pavimento, velocidade máxima permitida, localização de semáforos, dentre outros elementos. Além disso, pode-se incluir um sub-sistema para transmissão/recepção de dados, que permita atualizar o sistema de navegação com informações auxiliares em tempo real, tais como condição do tempo, tráfego, ocorrência de acidentes, etc.

## 6. Referências Bibliográficas

Anjos, C. S. **Adequação entre projeção cartográfica e a escala para um sistema de navegação**. Relatório referente à bolsa de iniciação científica – PIBIC/CNPQ. Presidente Prudente FCT/UNESP, 2002. 33p.

Ferreira, L. F. C. **Estrutura de dados para carta eletrônica terrestre**. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 1993.

Ferreira, L. F. C. **Avaliação e integração de bases cartográficas para cartas eletrônicas de navegação terrestre**. Tese de Doutorado apresentada a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

Hasegawa, J. K., Galo, M., Monico J. F. G., Imai, N. N. Sistema de localização e navegação apoiado por GPS. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 1999, Salvador. **Proceedings...** CDROOM.

Hasegawa, J. K., Galo, M., Monico J. F. G., Imai, N. N. Planejamento logístico de rotas para sistema de navegação apoiado por GPS. In: COBRAC – Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis – SC. 2000. **Proceedings...** CDROOM.

Monico, M. F. G. **Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: descrição, fundamentos e aplicações**. São Paulo: Unesp, 2000. 287p.

Pires, M.I.S.; Sluter, C. R.; Veiga, L. A. K. Disponibilização de informações espaciais em computadores de mão. In: III Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas - UFPR, Curitiba. 2003. **Proceedings...** CDROOM.

Pugliesi, E. A. **Desenvolvimento de Mapa Dinâmico para Sistema de Navegação Terrestre**. Dissertação de Mestrado apresentada a FCT/UNESP. Presidente Prudente.2002.

SCHILDT, H. **Inteligência artificial utilizando linguagem C** São Paulo: McGraw-Hill, 1989. 349p.

## Agradecimentos

Os autores agradecem a Empresa Multiespectral S.A., pela seção da base de vias utilizada neste trabalho bem como o doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas, Eng. Cartógrafo Edmur Azevedo Pugliesi, pelas valiosas sugestões e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.